Advances in Education 教育进展, 2026, 16(4), 252-259
Published Online April 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2026.164646

Hans汉斯

学情分析驱动的高等数学教学设计优化

——以定积分概念为例

周　荧

贵州大学数学与统计学院，贵州　贵阳

收稿日期：2026年2月25日；录用日期：2026年3月26日；发布日期：2026年4月3日

摘　要

针对农林类专业高等数学教学中学生基础薄弱、兴趣分化显著、教学进度与学生认知起点错位等问题，本文基于264份学情问卷分析，以建构主义学习理论为指导，构建了“认知冲突–经验锚定–协作建构–意义升华”的四阶教学设计模式。以定积分概念教学为例的实践表明，该模式通过生活化类比降低认知门槛、问题链引导促进意义建构、专业融合增强价值认同，能有效破解少学时背景下“进度快、理解难、兴趣低”的教学困境，为同类院校高等数学教学改革提供参考。

关键词

学情分析，定积分概念，农林类专业，教学设计

Optimization of Teaching Design for Higher Mathematics Driven by Learning Situation

—Taking the Concept of Definite Integral as an Example

Ying Zhou

School of Mathematics and Statistics, Guizhou University, Guiyang Guizhou

Received: February 25, 2026; accepted: March 26, 2026; published: April 3, 2026

Abstract

Addressing issues such as weak student foundations, significant interest differentiation, and a mismatch between teaching progress and student cognitive starting points in higher mathematics teaching for agriculture and forestry majors, this paper, based on an analysis of 264 learning situation questionnaires and guided by constructivist learning theory, constructs a four-stage teaching design model of

文章引用：周荧. 学情分析驱动的高等数学教学设计优化[J]. 教育进展, 2026, 16(4): 252-259.
DOI: 10.12677/ae.2026.164646

"cognitive conflict-experience anchoring-collaborative construction-meaning sublimation". Taking the teaching of the concept of definite integral as an example, the practice shows that this model effectively addresses the teaching dilemma of "fast progress, difficult understanding, and low interest" in the context of limited class hours by lowering cognitive thresholds through life-oriented analogies, guiding meaning construction through problem chains, and enhancing value recognition through professional integration. It provides a reference for the reform of higher mathematics teaching in similar institutions.

Keywords

Learning Situation Analysis, Concept of Definite Integral, Agriculture and Forestry Majors, Teaching Design

1. 引言

高等数学作为理工、经管、医学、农林类专业的重要公共基础课，对提升学生的分析归纳能力、逻辑推理能力和数学应用能力具有不可替代的作用。农林类专业的高等数学授课学时普遍较少，以贵州大学为例，一学期仅为 48 学时。如何在有限学时内实现有效教学，成为亟待解决的问题[1]。为此，本文对授课班级农林类专业大一学生《高等数学 4-1》课程结课后进行了问卷调查，以了解学生的真实学习情况。授课学生共 295 人，回收有效问卷 264 份。调查结果显示，学生的数学基础差异较大，需求呈现多元化特征，教学面临以下三重困境：

其一，学生数学基础薄弱，学习兴趣分化显著。问卷显示，仅有 42.8%的学生对数学“比较感兴趣”，37.88%的学生态度“一般”，9.47%的学生兴趣较低。兴趣与专注度、理解程度及学习信心呈强正相关(相关系数 0.44~0.48)，低兴趣群体容易陷入被动学习状态。同时，40%的学生缺乏预习习惯，预习不足者理解程度明显下降。

其二，教学进度与难度设计与学生认知起点存在错位[2]。问卷显示，36.74%的学生认为教学进度“稍快”，17%的学生认为内容“难度较大或非常困难”，两者叠加导致理解障碍(进度快且理解低组别超过 50%)。

其三，学习意义的虚无感与学生价值认同不足。农林类专业学生常质疑“学数学有什么用”，当知识脱离专业应用场景时，学习便成为无源之水。问卷显示，71.21%的学生期望“讲解更多练习题”，但对数学思想方法的价值认同普遍不足。

在高等数学概念教学领域，国内外学者已提出多种经典教学模型。例如，5E 教学模式[3] (Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate)强调通过吸引、探究、解释、迁移和评价五个环节促进学生概念转变；PBL [4] (Problem-Based Learning)以问题为导向，驱动学生在解决真实问题的过程中建构知识；支架式教学则主张在最近发展区内提供动态支持。这些模式为本研究提供了重要启示，但它们多适用于通识性理科教学，对农林类专业学生基础薄弱、学时少、兴趣分化显著的特殊学情缺乏针对性设计。因此，本研究在已有模型的基础上，结合学情诊断结果，构建了“认知冲突－经验锚定－协作建构－意义升华”四阶模式。该模式的独特之处在于：其一，以学情分析的量化数据为设计起点，精准回应学生的认知需求、操作需求和意义需求；其二，将生活化类比与文化经典(如刘徽割圆术)融入“经验锚定”阶段，有效降低

抽象概念的门槛；其三，通过专业融合的“意义升华”阶段，将数学思想与农林学科应用深度绑定，解决学生“学而无用”的价值困惑。相较于 5E 模式的通用探究环节，本模式更强调从学生已有经验出发的认知锚定；相较于 PBL 的开放问题驱动，本模式更注重在有限学时内通过问题链实现高效建构。

如何将抽象的数学概念转化为学生可感知、可参与、可建构的认知过程？如何在少学时背景下兼顾教学进度与学生理解深度？本文从学生真实需求出发，以建构主义学习理论为基础，探索农林类专业定积分概念教学的有效路径。

2. 学情分析与理论基础

2.1. 学情问卷诊断

基于问卷数据，农林类专业学生的真实需求可归纳为三个层次：

第一层：认知需求——理解概念“从何而来”。学生需要知道“为什么要学定积分”“它解决了什么旧知识解决不了的问题”。问卷显示，学生对泰勒公式、不定积分、中值定理等难点普遍存在理解障碍，这些难点本质上均涉及概念理解问题。

第二层：操作需求——掌握概念“如何运用”。71.21%的学生期望“讲解更多练习题”，反映出对操作层面的强烈需求。在课后练习不足的群体中，这一需求比例高达 75.21%。

第三层：意义需求——感知概念“有何价值”。学生需要将数学概念与专业应用建立连接，感受数学的工具价值。81.06%的学生通过视频学习，79.92%的学生查阅资料，反映出对多元学习资源的依赖，也为专业融合提供了可能。

以上学情诊断直接指导了理论基础的选择：认知需求(理解概念来源)指向建构主义学习理论——学生需在已有经验的基础上主动建构意义，而非被动接受；操作需求(掌握计算方法)与 APOS 理论的操作阶段相呼应，强调从具体操作到过程内化的认知路径；意义需求(感知专业价值)则要求教学必须融入专业应用，这需要支架式教学理论提供动态支持，帮助学生跨越从抽象数学到专业应用的鸿沟。同时，三个层次的需求层层递进，决定了教学模式应遵循“认知冲突→经验锚定→协作建构→意义升华”的序列，使每一阶段精准回应特定需求。

2.2. 理论基础

1) 建构主义学习理论[5]认为，知识并非通过教师传授被动获得，而是学习者在已有经验的基础上，在特定情境中借助他人帮助和必要学习资料，通过意义建构的方式主动获取的。该理论强调以学生为中心，教师应成为意义建构的“引导者”而非知识的“灌输者”。在高等数学教学中，建构主义理论已有广泛应用——通过创设问题情境、引导学生自主探究，帮助学生完成对抽象数学概念的意义建构。

2) APOS 理论[6] (Action-Process-Object-Schema)是建构主义在数学教育领域的深化发展。该理论认为，学生对数学概念的理解需经历四个阶段：操作(Action)阶段，学生通过具体操作获得感性经验；过程(Process)阶段，学生将操作内化为心理过程；对象(Object)阶段，学生将过程压缩为思维对象；图式(Schema)阶段，学生将概念纳入已有的认知图式。这一理论对定积分概念教学的启示在于：“分割、近似、求和”的操作对应 APOS 理论的“操作”阶段；通过问题链引导抽象出极限和式，对应“过程”阶段；将定积分定义作为一个整体对象来理解，对应“对象”阶段；将定积分思想迁移到其他应用场景，对应“图式”阶段。

3) 支架式教学理论[7]，作为建构主义的重要分支，支架式教学理论强调教师应在学生现有水平和目标水平之间搭建“脚手架”，通过问题链、关键提示等方式提供适度支持。问卷中“进度快且理解低组超

过 50%”的数据表明，多数学生需要更精细的支架支持。

3. 四阶教学设计模式构建

3.1. 模式总体框架

上述理论为教学模式设计提供了依据：需求分析理论支撑“认知冲突”阶段，用于精准把握学生认知起点；情境认知理论与“经验锚定”阶段呼应，借助生活经验搭建认知桥梁；APOS 理论指导“协作建构”阶段，遵循从操作到过程的认知规律；支架式教学理论贯穿全程，通过问题链提供适度支持。基于上述理论基础和学情诊断，本文构建了“认知冲突－经验锚定－协作建构－意义升华”的四阶建构式教学模式。该模式以学生认知需求分析为起点，以教师搭建的“脚手架”为支撑，引导学生在问题探究中主动建构知识。

3.2. 各阶段设计意图与学情对应

第一阶段：认知冲突——创设认知冲突情境

教学行为：呈现学生现有知识无法完美解决的“挑战性问题”，打破认知平衡。

设计意图：让学生意识到旧工具的局限，对新知识产生“我要学”的内在驱动力。根据需求分析理论，认知冲突是激发学习动机的有效手段。

学情对应：针对 36.74%认为进度快、17%认为内容难的学生，通过创设认知冲突情境，将“被动追赶进度”转化为“主动探究问题”。

第二阶段：经验锚定——调用旧知，搭建桥梁

教学行为：引导学生从生活经验或已掌握的旧知识出发，对新问题进行直观化、朴素化的探索。可借助中国古代数学智慧(如刘徽的“割圆术”)或生活类比(如“估算树叶面积”)作为认知锚点。

设计意图：为新知识的建构提供“锚点”，降低抽象概念的认知门槛，使学生在认知层面建立关联。

学情对应：针对 40%缺乏预习习惯、基础薄弱的学生，通过生活化类比弥补预习不足，让每个学生都能找到理解的入口。

第三阶段：协作建构——引导探究，形成新知

教学行为：通过精心设计的问题链，引导学生在朴素想法的基础上逐步精细化、数学化，最终“发现”严谨的数学定义。可采用小组讨论、翻转课堂等形式，让学生在协作中完成意义建构。

设计意图：让学生经历知识“再创造”的过程，实现深度学习，理解知识的来龙去脉而非机械记忆。

学情对应：针对兴趣分化显著(42.8%感兴趣，37.88%一般)的现状，通过协作建构让所有学生参与其中，以课堂参与促进学习兴趣提升。

第四阶段：意义升华——回应痛点，促进迁移

教学行为：呼应开头的挑战性问题，展示新工具的威力；总结思想方法；延伸到农林生科专业应用场景(如农田面积测算、作物生长模型、药物代谢曲线等)。

设计意图：让学生获得成就感和价值认同，为后续学习埋下伏笔。

学情对应：针对学生对数学价值认同不足的问题，通过专业融合让数学扎根专业土壤，回应“学数学有什么用”的深层困惑。

4. 案例验证：以“定积分的概念”为例

4.1. 第一阶段：认知冲突——创设问题情境(5 分钟)

教师引导学生回顾三角形、梯形、平行四边形、矩形等规则图形的面积计算方法，随后抛出一个曲

边梯形，提问：“这个曲边图形的面积，用我们已有的工具能精确计算吗？如果这是一个不规则的农田、城市建设用地或岛屿，我们该如何精确计算其面积？”。

通过这一问题创设认知冲突，让学生意识到旧工具的局限性。同时，引入农田、城市建设用地等与农林类专业相关的场景，使数学扎根专业土壤，增强学习动机。

4.2. 第二阶段：经验锚定——搭建认知桥梁(5~10 分钟)

教师从“用坐标纸数格子估算树叶面积”的生活经验切入，引导学生回忆并回答：“当时我们是怎么数的？”(引导：画轮廓、数整格、拼半格、加起来)；“如果想算得更准，怎么办？”(引导：换更小的格子)；“如果格子小到不能再小，会怎么样？”(引导：得到精确面积)。

随后引入魏晋时期数学家刘徽的“割圆术”——“割之弥细，所失弥少。割之又割，以至于不可割，则与圆合体而无所失矣”[8]。通过实验模拟展示，当分割越细时，小矩形面积之和与曲边梯形面积越接近。这不仅降低了抽象思维的门槛，更让学生感受到中国古代数学智慧，在潜移默化中增强民族文化自信。

通过生活经验与文化经典的结合，为新知识提供认知“锚点”，使抽象概念变得可感知、可触摸。这一步特别针对基础薄弱、缺乏预习习惯的学生，确保每个学生都能找到理解的入口。

4.3. 第三阶段：协作建构——形成新知(10~25 分钟)

教师将学生分成小组[9]，尝试用数学符号表达曲边梯形面积的计算过程。教师巡视并适时提示，针对兴趣分化的问题，通过小组协作让所有学生参与其中。请小组代表展示讨论成果，师生共同修正、完善，最终在黑板上“创造”出定积分的定义：

$$\int_a^b f(x)dx = \lim_{\lambda \to 0} \sum_{i=1}^{n} f(\xi_i)\Delta x_i$$

教师随后逐层解读定积分中各符号的含义，并讲解函数可积的条件，解答学生关于“什么样的函数可以求积分”的困惑。

通过这一过程，让学生经历知识“再创造”的完整过程。问题链设计确保即使基础薄弱的学生也能跟上思路，逐步完成意义建构。

在这一阶段，教师搭建的“脚手架”体现在多个细节中：当小组讨论遇到困难时，教师通过关键提问提供“适度支持”——例如，有小组不知如何用符号表示“无限细分”，教师追问：“我们已经将区间分成了 n 段，当 n 越来越大时，每一段的宽度会怎样变化？有没有一个数学符号能描述这种‘越来越小’的过程？”这样的提问并未直接给出答案，而是引导学生联想到极限符号；当学生混淆“近似”与“精确”时，教师提示：“我们求和得到的是精确值吗？如果不是，怎样才能让它变成精确值？”这些支架帮助学生从“操作”阶段(具体分割求和)逐步过渡到“过程”阶段(将求和看作一个动态的极限过程)，最终将定积分概念内化为思维对象。整个协作建构过程遵循 APOS 理论的认知规律：从具体操作(数格子、割圆)到过程抽象(极限和式)，再到对象化(定积分符号)，最后为后续图式建构(应用迁移)奠定基础。

4.4. 第四阶段：意义升华——回应痛点，拓展应用(25~45 分钟)

例 1：农田面积计算。(回应引例，约 8 分钟)

设弯曲田埂的函数方程为 $y = f(x) = x^2$ (单位：米)，田地的范围为$[0, 2]$ (米)，求农田的面积。

引导学生按四步操作：分割：将区间$[0, 2]$平均分成 n 份，每个小区间长度 $\Delta x = \frac{n}{2}$。分点坐标为 $x_i = \frac{ni}{2}$，

$i=1,2,3,\cdots,n$；近似：在第 i 个小区间 $\left[x_{i-1},x_i\right]$ 上，取右端点 x_i 的高度作为矩形的高。该点高度为：$f\left(x_i\right)=\dfrac{4i^2}{n^2}$，则第 i 个小矩形面积近似为：$\Delta A_i\approx f\left(x_i\right)\Delta x=\dfrac{4i^2}{n^2}\cdot\dfrac{2}{n}=\dfrac{8i^2}{n^3}$；求和：将 n 个小矩形面积相加，得到总面积近似值：$S_n=\sum_{i=1}^{n}\dfrac{8i^2}{n^3}=\dfrac{8}{n^3}\sum_{i=1}^{n}i^2$，利用平方和公式 $\sum_{i=1}^{n}i^2=\dfrac{n\left(n+1\right)\left(2n+1\right)}{6}$，代入得：$S_n=\dfrac{8}{n^3}\dfrac{n\left(n+1\right)\left(2n+1\right)}{6}=\dfrac{4\left(n+1\right)\left(2n+1\right)}{3n^2}=\dfrac{8}{3}+\dfrac{4}{n}+\dfrac{4}{3n^2}$；取极限：当分割越来越细，即 $n\to\infty$ 时，近似值趋近于精确值：$S=\lim\limits_{n\to\infty}S_n=\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{8}{3}+\dfrac{4}{n}+\dfrac{4}{3n^2}\right)=\dfrac{8}{3}$。这块不规则农田的精确面积为 $\dfrac{8}{3}\approx2.667$ 平方米。

这一过程让学生亲历“无限逼近”得到精确值的全过程，体会定积分思想的威力。

例 2：变速直线运动所经过的路程。(约 6 分钟)

设某物体作变速直线运动，已知速度 $v=v\left(t\right)$ 是时间间隔 $\left[T_1,T_2\right]$ 上 t 的一个连续函数，且 $v\left(t\right)\geq0$，求物体在这段时间内所经过的路程。

引导学生将整段时间分割成若干小段，每小段上速度看作不变，求出各小段的路程再相加，得到路程的近似值，最后通过对时间的无限细分过程求得路程的精确值。本例体现了定积分在物理问题中的典型应用。

例 3：手机流量的计算问题。(约 6 分钟)

据工信部最新数据显示，2025 年上半年我国移动互联网累计流量达 1867 亿 GB，其中 6 月人均使用流量达 20.75 GB。那么，流量消耗是如何测算的？

设手机在某时间段内的网速为 $v\left(t\right)=e^t\left(\mathrm{mb/s}\right)$，求单位时间 $\left[0,1\right]$ 内手机消耗的流量 Φ。

引导学生将时间段分割成若干小段，每小段上网速近似看作不变，求出各小段的流量再相加得到近似值，最后通过对时间的无限细分求得流量的精确值。本例将定积分思想与日常生活紧密联系，增强数学的亲和力。

课程第 45~50 分钟，教师引导学生对本节内容进行总结，提炼定积分的核心思想——“化整为零、以直代曲、积零成整、无限逼近”，并回顾“分割、近似、求和、取极限”四个步骤。在此基础上，教师布置了三道课后思考题：定积分定义中的和式极限与函数极限有何联系与区别？计算不规则图形面积是否还有其他方法(引导学生了解勒贝格积分与黎曼积分的区别)？GPS 测量仪绕行一周即可计算面积，其工作原理与定积分有何关系？这些问题旨在拓展学生视野，培养探究习惯，同时为学有余力的学生提供深入学习的入口。

5. 教学效果与反思

5.1. 教学反馈

教学实践后，通过课堂观察和学生访谈发现：90%以上的学生能够用自己的语言复述“分割、近似、求和、取极限”的核心思想；在后续定积分应用学习中，学生能主动联想到“微元法”的思想，体现出较好的知识迁移能力。问卷调查显示，学生对本次课的满意度达到 95.6%。与前期学情数据相比，学生对数学的兴趣和信心均有明显提升。

5.2. 研究结论

本文基于 264 份学情问卷的诊断分析，以建构主义学习理论为指导，构建了“认知冲突 – 经验锚定 – 协作建构 – 意义升华”的四阶建构式教学模式，并在定积分概念教学中进行了实践验证。研究得出

以下结论：

第一，学情分析应成为教学设计的逻辑起点。农林类专业学生数学基础薄弱、兴趣分化显著、预习习惯不足等特点，要求教学必须从学生真实需求出发，而非从学科逻辑体系出发。

第二，经验锚定能够有效降低概念的认知门槛。通过“估算树叶面积”等生活类比和刘徽的“割圆术”等文化经典，为抽象概念搭建认知桥梁，使基础薄弱的学生也能找到理解的入口。

第三，协作建构是实现深度学习的有效途径。通过问题链引导和小组讨论，让学生在“再创造”中完成意义建构，变被动接受为主动探索。

第四，专业融合有助于增强学生对数学的价值认同。将数学概念与农林类专业应用建立连接，回应“学数学有什么用”的深层困惑，使数学真正扎根专业土壤。

5.3. 对农林生科类专业高等数学教学的启示

第一，教学进度安排应遵循“少而精、慢而透”的原则。针对 36.74%学生认为进度快的现状，宁可少讲一点，也要讲透一点。核心概念值得花时间让学生真正理解，而非匆忙覆盖知识点。

第二，教学内容设计应注重“生活化－数学化－专业化”的递进路径。从生活经验切入，逐步抽象为数学概念，再回归专业应用，形成完整的学习闭环。

第三，教学资源建设应满足分层需求。针对 71.21%学生对练习资源的需求，开发分层习题库；针对 81.06%学生依赖视频学习的特点，录制核心知识点微课(单点知识不超过 10 分钟)，便于学生自主学习。

第四，教学评价应关注学生的学习信心和兴趣。问卷显示 4.93%的学生学习信心较低，建议建立“信心－兴趣”追踪机制，及时发现并干预学习困难的学生。

6. 结语

本文从农林类专业学生的真实学情出发，以建构主义学习理论为指导，构建了“认知冲突－经验锚定－协作建构－意义升华”的四阶教学设计模式，并在定积分概念教学中进行了实践探索。研究表明，以学情分析为逻辑起点的教学设计，能够有效回应学生的认知需求、操作需求和意义需求，帮助学生在“再创造”的过程中完成对抽象数学概念的意义建构。

需要指出的是，本研究仅以定积分概念为例进行验证，该模式是否适用于极限、导数、微分方程等其他核心概念，仍有待进一步探索。同时，教学效果的量化评估尚不充分，后续可通过前后测对比、平行班对照等方式进一步完善。未来研究还可探索如何借助 GeoGebra 等信息技术增强“无限逼近”的直观感知，如何将本模式与线上线下混合式教学相结合，以及如何针对农林类专业特点开发更多专业融合案例，推动高等数学教学改革的持续深化。

参考文献

[1] 林鸿钊, 李德新. 农林院校高等数学模块化教学改革思考[J]. 高教学刊, 2019(10): 122-124.

[2] 杜尚珂. 基于学生认知水平开展分层次实验教学的研究[J]. 中国继续医学教育, 2023, 15(13): 99-103.

[3] 胡久华, 高冲. 5E 教学模式在我国的教学实践及其国外研究进展评析[J]. 化学教育, 2017, 38(1): 5-9.

[4] 叶荔辉. 基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式设计与实践研究[J]. 电化教育研究, 2022, 43(2): 95-101.

[5] 李秦. 建构主义教学模式与高等数学教学研究[J]. 高等理科教育, 2013(5): 69-72.

[6] 洪银胜. APOS 理论导向下的高职高等数学概念教学实践探索[J]. 科教导刊, 2025(33): 78-80.

[7] 吴叶民. “最近发展区”理论在高职数学教学中的应用[J]. 佳木斯教育学院学报, 2013(6): 245, 247.

[8] 江蓉, 王雨馨, 周敏. 高等数学课程思政案例式教学的探索与实践——以定积分的概念为例[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2025, 41(4): 80-84.

[9] 焦媛, 马恺, 张秀锋, 等. 基于复合式分层次模式下高等数学教学实践研究[J]. 高等数学研究, 2025, 28(5): 43-46, 77.